

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta stavební
Katedra dopravního stavitelství

Závady tramvajových tratí
Defects on Tram Tracks

Student:
Vedoucí diplomové práce:

Bc. Martin Chovanec
Ing. Leopold Hudeček Ph. D.

Ostrava 2011

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta stavební
Katedra dopravního stavitelství

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Martin Chovanec**
Studijní program: N3607 Stavební inženýrství
Studijní obor: 3607T036 Dopravní stavby
Téma: **Závady tramvajových tratí**
Defects on Tram Tracks

Zásady pro vypracování:

Úkolem diplomanta je vypracovat studii zaměřenou na závady tramvajových tratí. Výsledkem práce studenta bude především v textové části diplomové práce zpracovat teoretickou část (rešerše k dané problematice), popis stávajícího stavu, zejména však analýza, návrh opatření a závěr obsahující vlastní doporučení.

Seznam doporučené odborné literatury:

- Plášek, Zvěřina, Svoboda, Mockovciak : Železniční stavby-železniční spodek a svršek CERM, Brno, 2004
- C.Esvelt : Modern Railway Track, MRT Productions 2001
- Plášek: Železniční stavby, Návodů do cvičení, VUT-Brno 2003
- Zákon č. 266/1994 (O drahách), vyhl. č. 177/1995 vč.změn a doplňků,


Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

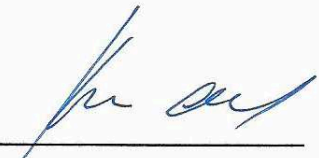
Vedoucí diplomové práce: **Ing. Leopold Hudeček, Ph.D.**

Datum zadání: 28.02.2011

Datum odevzdání: 30.11.2011




doc. Ing. Ivana Mahdalová, Ph.D.
vedoucí katedry


prof. Ing. Darja Kubečková Skulinová, Ph.D.
děkanka fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě

.....

podpis studenta

ANOTACE

Diplomová práce se v rozsahu studie zabývá systémovým řešením závad na tramvajových tratích, aplikovaném v podmínkách Dopravního podniku Ostrava a.s. V první části práce je popsán vývoj tramvajové dopravy a současný stav konstrukce tramvajových tratí. Na něj navazuje popis procesu sledování parametrů trati dle uvedené legislativy. Stěžejní část práce se zabývá návrhem zatřídění a kategorizace závad na tramvajových tratích, sloužícím pro dostatečnou charakteristiku závad. V závěrečné části práce je předložen návrh pro využití jednotného modelu charakteristiky závad, jako relevantního podkladu, umožňujícího systémové vyhodnocování závad, s významem pro oblast prevence a plánování.

ANOTATION

The thesis deals with system defect solution on tram tracks as applied in Dopravní podnik Ostrava a.s. conditions. In the first part of the thesis the development of tram transport and the current state of tram track construction is described. It is followed by a description of the process of monitoring of the parameters of the track according to current legislation. The main part of the thesis deals with the suggested solution of classification and categorization of such defects which serve for satisfactory characterization of tram track defects. The final part of the thesis presents a suggestion how to use a unified model of the characteristics of tram track defects as a relevant base which will allow for a systematic evaluation of such defects with significance for prevention and planning.

OBSAH:

1	Charakteristika tramvajových tratí	9
1.1	Vývoj a funkce tramvajové dopravy	9
1.2	Uspořádání tramvajových tratí	10
1.3	Konstrukce tramvajových tratí	13
1.3.1	Spodek trati.....	13
1.3.2	Svršek trati.....	13
1.3.3	Kolejové konstrukce	16
1.3.4	Umělé stavby spodku trati	18
1.3.5	Nástupiště	19
1.3.6	Napájecí soustava	20
1.4	Legislativa a technické standardy	21
1.4.1	Obecně závazné předpisy	21
1.4.2	Technické normy	23
1.4.3	Předpisy provozovatele	24
2	Zásady stavby tratí.....	25
2.1	Parametry tratí	25
2.2	Materiálová charakteristika	26
3	Specifikace závad.....	27
3.1	Prohlídky tratí a zjišťování závad.....	27
4	Návrh charakteristiky závad.....	31
4.1	Zatřídění závad dle porušení mezního stavu prvku	31
4.2	Zatřídění závad dle opatření	33
4.3	Zatřídění závad dle rozsahu	35
4.4	Zatřídění závad dle lokalizace v konstrukci	36
4.5	Kategorizace závad.....	39
5	Pasportizace závad	41
6	Vyhodnocování závad	41
6.1	Příklad výpočtu pravděpodobnosti výskytu závady	42
7	Odstraňování a předcházení vzniku závad.....	48
7.1	Profylaktická údržba.....	48

7.2	Odstranění lokálních závad	49
7.3	Souvislá oprava.....	49
7.4	Bezodkladná opatření	50
8	Závěry a doporučení	51
9	Seznamy.....	53
9.1	Seznam použité literatury a jiných zdrojů	53
9.2	Seznam tabulek.....	54
9.3	Seznam obrázků.....	54
9.4	Seznam příloh	55

Seznam použitých symbolů a zkratek

ČSN Česká norma

DPO Dopravní podnik Ostrava a.s.

DÚ Drážní úřad

DP Diplomová práce

UTZ Určená technická zařízení

TT Tramvajová trať

1 Charakteristika tramvajových tratí

1.1 Vývoj a funkce tramvajové dopravy

Tramvajová doprava má své historické místo v systému městské dopravy, kde plní svou funkci již více než 100let. Vývoj tohoto druhu dopravy technicky kopíroval dopravu železniční – pohon byl nejprve zajištěn koňmi, následoval parní pohon a s rozvojem elektrifikace měst na počátku 20. století je až do dnešní doby tramvajová doprava poháněna elektrickou energií. Právě silný rozmach železnice před více, než 100 lety, umožnil, díky možnosti jednoduché aplikace jejích konstrukčních prvků do konstrukce tramvajové, rychlý rozvoj tramvajové dopravy.

V rámci jednotlivých měst vznikala tramvajová doprava na základě uspokojení konkrétních lokálních potřeb, buď jako zcela autonomní systém pro osobní přepravu, nebo jako smíšený systém pro městskou osobní i nákladní přepravu, případně jako systém příměstské dopravy. Tato lokálnost sebou přinesla vznik jistých odlišností konstrukce tramvajových tratí a vozidel v jednotlivých městech, odrážejících konkrétní konstrukční zadání a myšlení provozovatelů tramvajové dopravy v těchto městech. Nejzřetelnějším prvkem, který si tito provozovatelé volili, byl například rozchod koleje, který se z původní široké škály od 760mm, přes 1000mm stabilizoval až v posledních desetiletích ve většině měst na dnešních standardních 1435mm (posledním městem v rámci České republiky, které v nynějších letech přechází na standardní rozchod z rozchodu 1000mm je Liberec). V oblasti Ostravské aglomerace bylo specifikum vývoje tramvajové dopravy ovlivněno zejména charakterem oblasti, tkvícím v existenci těžkého průmyslu. I v prostoru intravilánu města bylo nutné uspokojit poptávku zejména po kolejové dopravě nákladní, kterou doprava osobní doplňovala. Potřeba přechodnosti běžných nákladních železničních vagónů v síti městských kolejových drah ovlivnila korelaci tvaru kola a kolejnice, která se i u tramvají musela přizpůsobit kolu železničnímu (kuželového tvaru), pohybujícímu se po totožném svršku. V jiných městech, například v Praze, či Brně, vznikla tramvajová doprava svébytně a korelace kola a kolejnice mohla být přizpůsobena pouze tramvajové dopravě, což se projevilo ve dnes provozovaném válcovém profilu kola a menší velikosti okolku.

Stejně jako technickým vývojem prošla v jednotlivých městech tramvajová doprava i vývojem funkce v jejich dopravních systémech, kterou ovlivňovala sociální politická a energetická situace. Tento vývoj se projevil v meziválečném období silným rozmachem, kdy tramvaje byly provozovány v šestnácti městech České republiky, přes útlum v 50. a 60. letech minulého století, až po dnešní stabilizovaný stav, kdy jsou tramvaje provozovány v sedmi městech České republiky.

Výhodou tramvajové dopravy byla od počátku její větší kapacita, kterou v rámci systémů městské dopravy překonají jen podzemní a nadzemní systémy metra. Ve vztahu ke kapacitě je pak dosaženo příznivější energetické náročnosti na 1 osobokilometr, než u dopravy autobusové, nebo trolejbusové. V dnešní době její kapacita odpovídá zajištění hlavního nosného systému veřejné dopravy středně velkých měst s počtem obyvatel 100 000 až 700 000.

1.2 Uspořádání tramvajových tratí

Stejně jako u železnice se základní charakter konstrukčního uspořádání stabilizoval i u tramvají v konstrukci dopravní cesty, sestavené ze dvou rovnoběžných ocelových nosníků - kolejnic. Tato konstrukce dopravní cesty umožňuje nesení a vedení vozidla prostřednictvím kola, opatřeném po jeho vnitřní straně obvodu vodícím prvkem - okolkem.

Elementární uspořádání tramvajových drah zůstává také obdobné, jako u železnice. Nosnou částí tratě je také svršek, sestavený z kolejnic a kolejnicových podpor, uložených v loži. Spodek trati tvoří podkladní vrstvy, které plní zejména funkci přenášení zatížení do základové půdy a odvedení vody z tělesa trati. Součástí dráhy jsou i umělé stavby spodku, čítající mosty, propustky, opěrné zdi, dále nástupiště, napájecí soustava, sdělovací a zabezpečovací zařízení, budovy určené k provozu dráhy a další.

Odlišnosti tramvajové dráhy od železniční určují zejména větší intenzita provozu (v největší zátěži může dosáhnout i 1 spoj / min.), nižší provozní rychlost (obvykle do 60 km/h), nižší nápravový tlak (okolo 7 až 8 t), umístění v intravilánu města a z toho také

plynoucí výraznější prostorová omezení. Tramvajové tratě mohou být umístěny na samostatném tělese, ale také mohou být vedeny po silniční komunikaci, kde musí být umožněno pohybovat se po tramvajovém tělese i silničním vozidlům. Z tohoto důvodu bývá pak svršek osazen zpevněným krytem do výše úrovně nivelety kolejnicových pásů.

Nové tratě mohou být budovány pouze jako dvoukolejné, s jednosměrným provozem po každé koleji, přičemž k obracení vozidel do opačného směru slouží tramvajové smyčky. Jednokolejných tratí, které mají svůj původ v meziválečném období je již jen minimální délka. Stanovená minimální osová vzdálenost dvoukolejné trati v hodnotě 3000mm vychází z maximálního dovoleného obrysu vozidla, který je 2700mm, zvětšeném o 300mm bezpečný odstup.

Směrové uspořádání je limitováno zejména prostorovými možnostmi zastavěného území a poloměr oblouku se tak může na křižovatkách, nebo ve stávající zástavbě dostat až na minimálních 25m. Na obratištích, ve vozovkách, nebo v odůvodněných případech může výjimečně klesnout i k 20m. Minimální délky směrových prvků (oblouků, přímých) jsou závislé na návrhové rychlosti, se stanovenou absolutní hodnotou minima. Pro plynulý přechod z přímé do oblouku se doporučuje vložit přechodnici, která má u tramvajových tratí tvar klotoidy, pro niž platí obecná rovnice:

$$A^2 = L * R, [5] \quad (1.1)$$

kde:

L = délka přechodnice

R = poloměr oblouku

A = parametr přechodnice

V zásadě je vztah mezi křivostí a návrhovou rychlostí určen maximálním příčným zrychlením, které u tratí, vedených po samostatném tělese, může dosahovat maximálně $0,65 \text{ m.s}^{-1}$ a u tratí vedených po pozemní komunikaci maximálně $0,8 \text{ m.s}^{-1}$. Pro eliminaci příčného zrychlení je možno v obloucích navrhnout převýšení koleje až do výše 150mm.

Pro převýšení na TT platí vztah:

$$p = \frac{11,5 * V^2}{R} - 150 * a_n, [5] \quad (1.2)$$

kde:

V = *návrhová rychlost*

R = *poloměr oblouku*

a_n = *příčné zrychlení*

Pro dosažení převýšení se vkládá na začátek kružnicového oblouku lineární vzestupnice, jejíž délka se určí podle vztahu:

$$l_v = \frac{n * p}{1000}, [5] \quad (1.3)$$

kde:

n = *součinitel sklonu vzestupnice, závislý na rychlosti*

Výškové uspořádání obvykle kopíruje uliční uspořádání, přičemž maximální podélný sklon tratě, stanovený na 70 ‰, je v zastávkách snížen na 50 ‰. Lomy sklonu se zaoblují obloukem zpravidla s poloměrem 2000m, nebo alespoň 30 V, mimořádně, ve vazbě na silniční komunikaci lze ale přistoupit až k poloměru zaoblení 300m.

Provoz na TT je zajištěn jízdou na dohled – řidiči tramvají musí přizpůsobit jízdu okamžitě situaci na trati, která může být omezena návěstmi, světelnou signalizací na křižovatkách, jinou soupravou, nacházející se před nimi, nebo jakoukoliv jinou překážkou na trati.

1.3 Konstrukce tramvajových tratí

1.3.1 Spodek trati

Konstrukce spodku TT se liší uspořádáním u tratí, dle umístění tratí. Pokud je trať vedena v extravilánu, je spodek řešen obdobně, jako u ostatních liniových staveb – zemní těleso tratě je umístěno v zářezu, odřezu, nebo na násypu a srážková voda je odvedena do příkopů po stranách tělesa trati. Plán spodku tratě se u těchto tratí navrhuje v šířce 3m od osy krajní koleje. V intravilánu je šířka tělesa trati, obvykle z důvodů nutnosti umístění tratě společně se silniční komunikací, omezena návazností na tuto komunikaci a uliční šířkou. Plán spodku tratě zde může být společná s plání silniční komunikace, případně je snížena její šířka pod 3m od osy krajní koleje. Srážková voda je odvedena příčným sklonem pláň do podélné drenáže, svedena do odvodňovacích šachtic, které jsou napojeny do systému dešťové kanalizace.

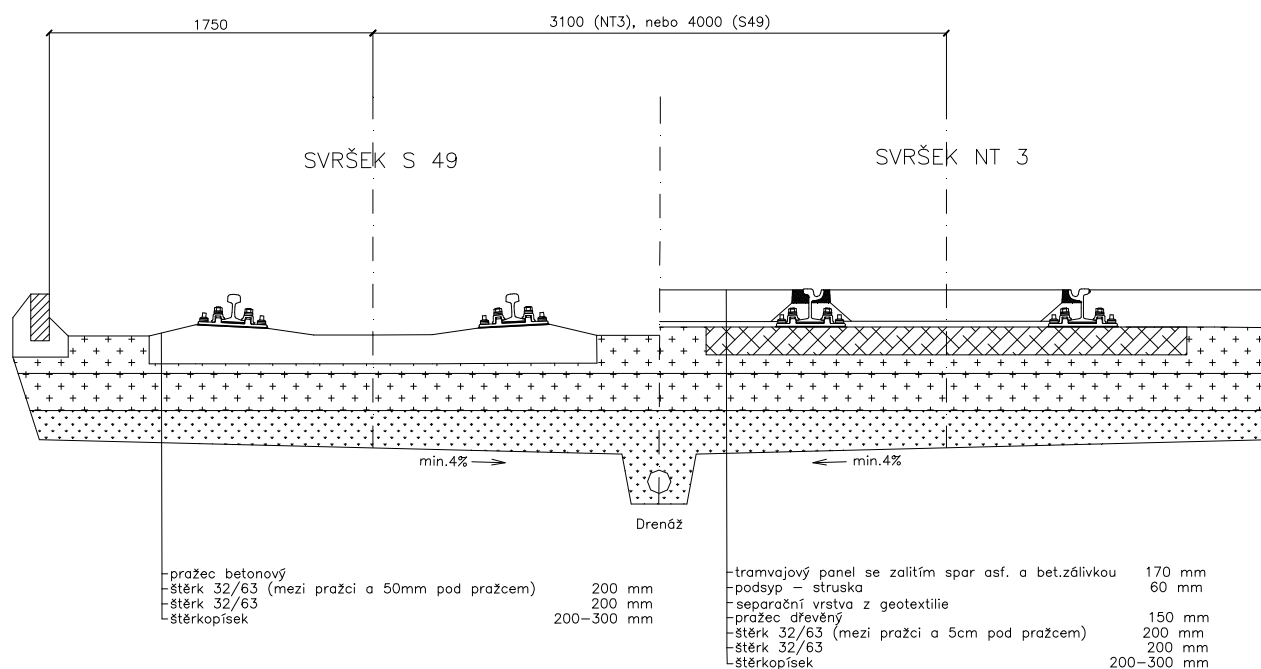
Základní zásady pro návrh konstrukce spodku vychází z konkrétních vlastností zemního tělesa, zejména únosnosti, propustnosti a namrzavosti. Nevhodné zeminy zemního tělesa jsou ve spodku nahrazovány výměnou vrstvou s požadovanými vlastnostmi, případně můžou být vlastnosti původní zeminy technicky zlepšeny stabilizací, vložením geomříží, nebo geotextilií.

1.3.2 Svršek trati

Sestava svršku u TT svou rozmanitostí odráží větší počet provozovatelů tramvajových tratí. Již základní konstrukční uspořádání může mít mnoho podob. Do poloviny minulého století bylo nejčastější uložení kolejnic na štetovou vrstvu z kamene, nebo na podélné šterkové prahy. Stabilita rozchodu byla zajištěna ocelovými profily – rozchodnicemi, kterými byly obě kolejnice spojeny. Dnes se vedle nejrozšířenějšího uspořádání svršku do kolejového roštu, kde jsou kolejnice uloženy a upevněny na příčných podporách – pražcích, stále více prosazuje konstrukce pevné jízdní dráhy v mnoha jejích, mnohdy specifických, podobách.

Uspořádání svršku do kolejového roštu se používá jak u tratí na samostatných tělesech, které jsou bez krytu, tak i u tratí v silniční komunikaci, které jsou opatřeny krytem. Existence krytu předurčuje typ použitých kolejnic. U tratí s krytem je nutné použít kolejnice žlábkové, u nichž příruba kolejnice plní ochrannou funkci při vedení kola v obloucích o malých poloměrech a při zajištění prostoru pro okolek v krytu tratě. V České republice jsou v současnosti používané tvary žlábkových kolejnic NT1, NT3, RI57, nebo RI59. Tyto kolejnice se liší nejen tvarem hlavy, ale zejména šířkou žlábků, což v závislosti na použitém profilu kola předurčuje jejich použití v jednotlivých Dopravních podnicích. U tratí bez krytu mohou být alternativně vedle žlábkových kolejnic použity i běžné širokopatní kolejnice, používané na železnicích, v současnosti obvykle tvaru 49E1, ale můžeme se také ještě setkat s dříve vyráběnými profily T, nebo A. Opět je ale nutné dbát na vhodnou korelaci tvaru hlavy kolejnice a používaného kola, kterou dále ještě ovlivňuje alternativní uložení kolejnice ve vztahu k její svislé ose. Toto uložení může být voleno bez úklonu, nebo s úklonem 1:40, nebo 1:20. Použití širokopatních kolejnic je v případě tramvajových tratí také limitováno použitým poloměrem oblouku trati, neboť absence žlábků, jako ochranného prvku, zvyšuje u poloměrů oblouků pod 50m možnost vykolejení vozidla.

Kolejnice, jak je výše uvedeno, jsou v případě kolejového roštu uloženy a upevněny na pražcích. Dřívější přímé upevnění, kdy upevňovací element spojoval kolejnici přímo s pražcem, vystřídalo na konci minulého století upevnění podkladnicové, kdy na pražci byla upevněna ocelová podkladnice a na ni byla, nejprve tuhou svěrkou, později i pružnou svěrkou, upevněna kolejnice. Dnes je toto podkladnicové upevnění nahrazováno bezpodkladnicovým, výhradně s pružným upevněním, u něhož se globálně etablovaly systémy dvou výrobců – firmy Vossloh a Pandrol. Pražce jsou používány dřevěné, z tvrdého dřeva, nebo železobetonové. Kolejový rošt se ukládá do šterkového lože z drceného kameniva frakce 32-63, případně 16-32.



Obr. 1 – Vzorový příčný řez TT s krytem a TT bez krytu [1]

Pevnou jízdní dráhu, jako alternativu ke konstrukčnímu uspořádání kolejového roštu, lze rozlišit do dvou základních charakteristik – pevná jízdní dráha prefabrikovaná a monolitická. Prvně jmenovaná konstrukce je v České republice zastoupena zejména dvěma systémy - panely s blokovými kolejnicemi a velkoplošné panely se stojinovými kolejnicemi. Blokované kolejnice ve tvarech B1 a B3 jsou charakteristické tvarem s absencí stojiny a ukládají se do drážek v železobetonových panelech, kde se stabilizují vložením pryžových pásů. Tyto panely, které současně plní funkci krytu tratě, se ukládají na podkladní stabilizovanou vrstvu šterkopísku. Uvedený systém je v současnosti u nás rozšířen zejména v Praze, kde však již v posledních letech není nově nasazován. Velkoplošné panely se stojinovými kolejnicemi jsou ukládány také na podkladní vrstvu, ale žlábkové kolejnice standardních tvarů jsou na nich uloženy a upevněny hákovými šrouby v příčných drážkách v panelech. Tato smontovaná kolej se pak ještě musí opatřit krytem tratě. Monolitické pevné jízdní dráhy se vyznačují na místě zhotovenou železobetonovou deskou, do které mohou být předem stabilizovány betonové pražce celé, nebo jen jejich části s uzlem upevnění. Další možností je do železobetonové desky osadit uzly upevnění navrtáním otvorů až do vytvrdnutí desky.

Systémy monolitických pevných jízdních drah jsou rozšířeny zejména v zahraničí, u nás jejich rozšíření teprve v počátcích.

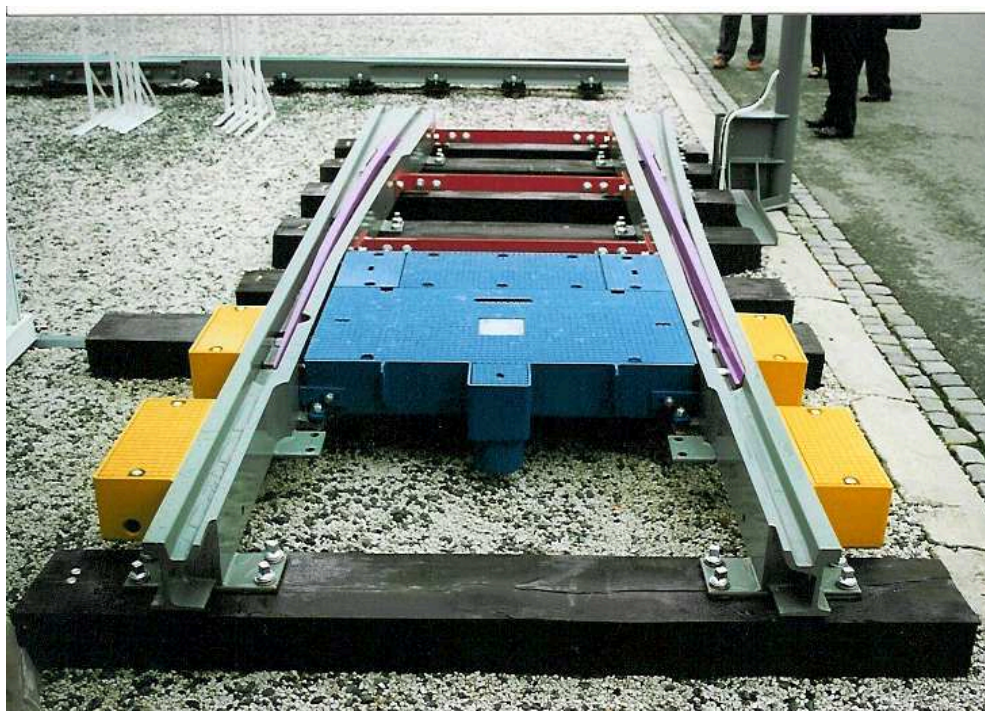
1.3.3 Kolejové konstrukce

Kolejové konstrukce jsou u TT zastoupeny zejména výhybkami, kolejovými křižovatkami, ale také kolejovými splítkami, nebo dilatačními zařízeními. Výhybky a kolejové křižovatky jsou specifické svým konstrukčním a geometrickým uspořádáním.

Geometrie se u tramvajových výhybek a křižovatek vyznačuje menšími poloměry, které jsou u výměnových částí obvykle v hodnotě 50m, nebo 100m, v ostatních částech výhybky a v křižovatkách se pohybují od 30m do 50m. Výjimkou však nejsou i poloměry pod 30m. Úhly odbočení a křížení se udávají ve stupních, minutách a vteřinách a provozovatelé tramvajových tratí ve svých sítích používají u výhybek a křižovatek několik standardizovaných úhlů. Ve stísněných poměrech je však možno, zejména u křižovatek, navrhnout zcela specifickou geometrii, kterou jsou po prověření průjezdnosti schopni výrobci zhotovit. Způsob uspořádání výhybek začíná nejrozšířenějšími jednoduchými výhybkami (které se na rozdíl od železnic netransformují), přes obloukové, oboustranné až po speciální konstrukce splítkových a rozřaďovacích výhybek. Splítkové výhybky se používají ve stísněných poměrech a vyznačují se dvěma a více odbočnými větvemi v jedné výhybce. Rozřaďovací výhybky mají význam dopravní a jsou charakteristické prodloužením střední části výhybky, kde jsou obě větve výhybky rovnoběžné na délku celé tramvajové soupravy, která tak před řízenou křižovatkou již pouze vyčkává na možnost jízdy, bez zdržování s přestavováním výhybky do správného směru.

Konstrukční řešení tramvajových výhybek a křižovatek je ovlivněno zejména požadavkem na osazení krytu do tramvajové tratě a geometrií s většími úhly a menšími poloměry. Výměnová část výhybky je mimo jazyků a opornic vybavena také profilem, který kryje jazyk i ze strany osy koleje a kluzným ložem, na kterém je jazyk uložen. Střední část výhybek a křižovatek je sestavena ze standardních profilů žlábkových kolejnic. Srdcovky výhybek a křižovatek jsou v převážné většině, vzhledem ke vztahu úhlu křížení, šířky žlábků

a šířky kola, opatřeny mělkým - nosným žlábkem, po němž překonává kolo bod křížení po okolku. Pouze v případech malých úhlů křížení může kolo překonávat srdcovku jízdou po hlavě kolejnice, bez potřeby nosných žlábků. Srdcovky i výměny byly v minulosti sestavovány z jednotlivých ocelových profilů, spojených šrouby a nýty, nebo později svařením. V současnosti se stává nejrozšířenější konstrukcí výměn a srdcovek výroba z jednoho kusu - monobloku, který je frézováním opracován do požadované geometrie, včetně vytvoření žlábků. Do opracovaných monobloků výměn se pouze vkládá vyměnitelný jazyk, vyráběný z důvodu požadavku na vyšší otěruvzdornost a pružnost ze speciálních slitin. Lože výměny se ještě opatřuje odvodem vody a pro zajištění zimního provozu je také osazeno elektrickým vytápěním.



Obr. 2 – Výměnová část tramvajové výhybky s elektricky ovládanou stavěcí skříní [1]

Pro ovládání a zajištění tramvajových výhybek do správné polohy slouží stavěcí skříně. Dříve jednoduché stavěcí skříně, které byly přestavovány mechanicky, nebo elektromagnetem a zajišťovaly jazyk v krajní poloze pouze pružinou, jsou dnes nahrazovány složitějšími mechanismy stavěcích skříní. Tam, kde není potřeba výhybku přestavovat, přetrvává použití modifikovaných mechanických stavěcích skříní, ale v místech požadavku ovládání výhybky z vozidla jsou osazovány skříně, které jsou stavěny elektrohydraulicky

a poloha jazyků je detekována a mechanicky zajištěna. Tyto stavěcí skříně se komponují do ucelených sofistikovaných systémů detekce, ovládání a řízení provozu na tramvajových tratích.

1.3.4 Umělé stavby spodku trati

Mezi umělé stavby spodku tramvajových tratí se řadí zejména mosty, propustky a opěrné a zárubní zdi.

Mostní konstrukce v závislosti na vedení TT po komunikaci, nebo po samostatném tělese, může být společná pro silniční komunikaci i tramvajovou trať, kde hovoříme o mostu sdruženém, nebo se jedná o samostatný tramvajový most. Tramvajové mosty se dělí, stejně jako ostatní mostní konstrukce, podle několika kritérií. Prvním z nich je třídění dle konstrukce mostního svršku - rozlišujeme, zda se jedná o most s kolejovým ložem, nebo bez kolejového lože. Dále rozlišujeme mosty podle statického uspořádání, použitého materiálu, přesypávky, doby trvání, průběhu trasy na mostě, počtu mostních otvorů, úhlu křížení, polohy mostovky, překračované překážky, volné výšky na mostě a uspořádání příčného řezu. Charakteristika nosné konstrukce tramvajových mostů se nijak neodlišuje od ostatních mostů. Rozdíly jsou pouze v uspořádání mostního svršku a v požadavcích na prostorové uspořádání, které vycházejí z průjezdného průřezu. Větší pozornost si tramvajové mosty vyžadují v případě ochrany konstrukce před účinky bludných proudů, ve vazbě na elektrické napájení tramvajových tratí.

Na propustky, které od mostů odlišuje maximální rozpětí do 2m, můžeme na tramvajových tratích narazit zejména v úsecích, kde trať je vedena po samostatném tělese. Propustky opět rozlišujeme podle několika kritérií - podle použitého materiálu, statického uspořádání, úhlu křížení, nebo přesypávky. Základní úlohou propustků je zajistit s dostatečnou kapacitou odvod vody přes těleso tratě.

Opěrné a zárubní zdi slouží k ochraně, nebo zajištění tělesa tramvajové trati v terénu. Jejich stabilita po celou dobu provozu je podstatná pro bezpečný provoz tramvajových tratí.

1.3.5 Nástupiště

Tramvajová nástupiště slouží k vyčkávání cestujících a jejich nástupu do vozidel a výstupu z vozidel. Těmto požadavkům je podřízena konstrukce nástupišť. Umístění nástupišť se odvíjí opět od umístění tratě. U TT vedených po komunikaci jsou nástupiště umístěna v komunikaci jako samostatné nástupní ostrůvky, u tramvajových tratí, vedených po samostatném tělese, jsou nástupiště umístěna buď do dělicích pásů mezi silniční komunikací a tramvajovou tratí, nebo do volné plochy. Pro cestující je nutné zajistit dostatečný prostor, nezbytnou bezpečnost a odpovídající komfort. Prostorová kapacita nástupiště by měla odpovídat návrhové intenzitě cestujících. Minimální délka nástupiště vychází z nutné délky nástupní hrany, korespondující až na výjimky s délkou dvou nejdelších provozovaných souprav a minimální šířka nástupiště vychází z šířek pruhů pro pěší, specifikovaných v ČSN 73 6110 Projektování místních komunikací. Do pruhů pro pěší nesmí zasahovat bezpečnostní odstupy od komunikace a od tratě, případně odstupy od překážek. Bezpečnost na nástupišti zajišťuje oddělení od silniční komunikace zábradlím, zajištění bezpečného přístupu přes silniční komunikaci, instalace vodicích linií a signálních a varovných pásů pro pohyb osob s omezenou schopností orientace a dostatečné osvětlení. Komfort na nástupišti je charakterizován poskytnutím ochrany cestujících před povětrnostními vlivy osazením přístřešku, a bezbariérovým přístupem na nástupiště a do vozidla, sloužícím nejen osobám s omezenou schopností pohybu, ale i cestujícím s kočárky.

Stavebním prvkem, který u nástupišť zejména vyžaduje dostatečnou pozornost, je nástupní hrana, neboť ta se umísťuje do průjezdného průřezu až na vzdálenost obrysu vozidla (1350mm od osy koleje). Také návrh a sledování její výšky je důležité, neboť tato se vztahuje k výšce podlahy používaných vozidel a dle aktuálně platných požadavků nesmí u nových nástupišť výškový rozdíl mezi nástupní hranou a podlahou vozidla překročit 160mm. Dalšími důležitými parametry u nástupišť jsou sklony ploch, ať už vlastního nástupiště, kde příčný sklon nesmí překročit 2% a celkový sklon 5%, nebo přístupových ramp. Obvyklá konstrukční skladba nástupišť se příliš neliší od běžných konstrukcí komunikací pro pěší, pouze nástupní hrana si dnes již často vyžaduje použití speciálních betonových prefabrikátů.

1.3.6 Napájecí soustava

Napájecí soustava, která slouží k přivedení trakční - elektrické energie do vozidla, je tvořena pevnými trakčními zařízeními, která dělíme na trakční měnírny, napájecí a zpětné vedení a trolejové vedení. Pro pohon je u kolejových vozidel používán stejnosměrný i střídavý proud. Přesto, že všechny tramvajové provozy v České republice používají stejnosměrný proud, liší se navzájem v polaritě, kdy v Ostravě a v Brně je minusový potenciál v trolejovém drátu a v kolejnici potenciál plusový, na rozdíl od ostatních měst, a železniční dráhy, kde je tomu opačně.

Trakční měnírny (napájecí stanice) jsou stanice, kde se transformuje napětí distribuční soustavy 22 kV (10 kV) AC na napětí 0.525 kV AC, které se dále usměrňuje v usměrňovačích vybavených dnes křemíkovými diodami, případně tyristory, na napětí 720 V DC, což je maximální hladina napájecího napětí pro trakční soustavu 600 V DC. Trakční měnírna se skládá z rozvodny vysokého napětí, trakčních transformátorů a usměrňovačů, stejnosměrné rozvodny a pomocných zařízení. V DPO jsou všechny měnírny v současné době diodové, tyristorová měnírna Zábřeh – Pošta byla pro značnou poruchovost a nespolehlivost (jedna z prvních tyristorových měníren v tehdejší ČSSR se společnou časovou základnou pro všechny tyrobloky) přestavěna na diodovou.

Napájecí vedení je soustava kabelů, které přivádí elektrickou energii z trakční měnírny do jednotlivých, od sebe izolovaných, úseků trolejového vedení. Je tvořeno napájecími trakčními kabely o průřezu 500 mm² Al, případně 300 mm² Cu, přičemž do jednoho napájecího úseku vedou minimálně dva kabely. Zpětné vedení slouží k odvedení elektrické energie od trakčního vozidla zpět do napájecí stanice. Je tvořeno kolejnicemi a zpětnými trakčními kabely stejného průřezu jako u napájecích kabelů. V kabeláži jsou použity kabelové skříňe s odpojovači, které slouží k provoznímu přepínání napájení hlavně v případě poruch na kabelech.

Trolejové vedení slouží k přivedení elektrické energie přes uhlíkovou lištu sběrače do vozidla (tramvaje). Pro tramvajové trati se navrhuje vedení prosté kompenzované, dvojité izolace, trolejový drát průřezu 80 – 150 mm² Cu (v DPO 120 mm²). Trolejový drát je zavěšen

pomocí izolátorů na výložnicích nebo převěsech, které jsou upevněny na trakčních stožárech, případně v husté zástavbě ukotveny na budovách, což je však spojeno problémy s vlastníky budov v oblasti majetkoprávní a konstrukční (vibrace).

1.4 Legislativa a technické standardy

1.4.1 Obecně závazné předpisy

Tramvajová dráha je zařazena a dále vymezena v základním právním předpise, zákoně č.266/1994 Sb., o dráhách, který stanovuje podmínky stavby a provozování tramvajových drah. V uvedeném zákoně je tramvajová dráha zařazena vedle drah železničních, speciálních a trolejbusových. V zákoně je specifikován obvod dráhy, stavba dráhy a stavba na dráze, ochranné pásmo dráhy a křížení dráhy. Zákon také stanovuje Drážní úřad, jako příslušný úřad pro stavební řízení staveb drah. V další části zákona jsou podmínky provozování dráhy, které je možné jen na základě platného úředního povolení, vydaného Drážním úřadem. Ve vztahu k tématu diplomové práce je nejpodstatnější podmínkou zákona povinnost vlastníka dráhy udržovat dráhu tak, aby byla zajištěna její provozuschopnost. Na dráze pak může být provozována doprava na základě platné licence na provozování drážní dopravy. Právní subjekt, který dráhu vlastní, dráhu provozuje a provozuje na ni dopravu může být jeden (případ DPO), nebo to mohou být až tři různé subjekty. V zákoně o dráhách jsou dále uvedeny základní podmínky pro provoz drážních vozidel a určených technických zařízení, kterými jsou tlaková, plynová, elektrická, zdvihací a dopravní zařízení. Další podrobnosti ke všem uvedeným podmínkám jsou již uvedeny v navazujících prováděcích vyhláškách.

První z těchto vyhlášek je vyhláška č.100/1995 Sb., kterou se stanoví podmínky pro provoz, konstrukci a výrobu určených technických zařízení. V této vyhlášce jsou zejména popsány revize, prohlídky a zkoušky určených technických zařízení, včetně uvedení jejich intervalů. Z hlediska tramvajové dráhy se tyto týkají například trolejového vedení, nebo ovládání elektricky stavěných výhybek.

Dalšími vyhláškami, které se přímo netýkají stavebně technického procesu provozování tramvajové dráhy, jsou vyhlášky č.101/1995 Sb., kterou se vydává Řád pro zdravotní a odbornou způsobilost osob při provozování dráhy a drážní dopravy a č.173/1995 Sb., kterou se vydává dopravní řád drah.

Poslední, pro provozování dráhy ale nejpodstatnější vyhláškou, je vyhláška č.177/1995 Sb., kterou se vydává stavební a technický řád drah. Zde jsou, již konkrétně pro tramvajovou dráhu, uvedeny některé základní parametry a technické a konstrukční požadavky. Vyhláška, mimo charakteristiky součástí dráhy, uvádí elementární hodnoty prostorového uspořádání (osová vzdálenost), geometrického uspořádání (rozchod, podélný sklon, převýšení), zásady uspořádání spodku a svršku tratě, výhybek, zastávek, zabezpečovacího zařízení, sdělovacího zařízení a pevných trakčních zařízení. Dále jsou zde obecně a v případě výhybek částečně i parametricky uvedeny technické podmínky provozuschopnosti dráhy. Z těchto podmínek uvedu požadavek na zajištění rozchodu a geometrické polohy koleje, držebnost upevňovadel, rámovou tuhost koleje a odvedení vod z tělesa trati. V provozním stavu jsou uvedeny závady výhybek, kolejnic a krytu, jako možné zdroje ohrožení bezpečného provozování drážní dopravy. Všechny uvedené podmínky jsou ve vyhlášce, kterou se vydává stavební a technický řád drah, jak jsem již uvedl popsány obecněji, s odkazy v textu na jednotlivé technické normy. Všechny tyto normy, které kvantifikují parametry a technické a konstrukční požadavky jsou vyjmenovány v příloze č. 5 vyhlášky. Ve vyhlášce je zakotvena také povinnost provozovatele dráhy sledovat provozní stav dráhy prováděním prohlídek, jejichž rozsah a četnost je stanovena v příloze č. 1 vyhlášky.

K uvedené právní legislativě o dráhách, která se mimochodem, vzhledem k roku vzniku a některým nejednoznačnostem (např. v návaznosti na tramvajové dráhy vedené po komunikaci, nebo po vlastním tělese) připravuje k novelizaci, musím ještě v závěru připomenout zákon č.183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu, který je pro stavby drah tramvajových určující zejména ve fázích přípravy a procesu stavebního řízení.

1.4.2 Technické normy

Význam technické legislativy pro stavbu a provoz tramvajové dráhy byl popsán v předchozí kapitole. První normou, která parametricky specifikuje požadavky na tramvajovou dráhu je ČSN 73 6405 Projektování tramvajových tratí. V této normě jsou mimo základních zásad pro konstrukci svršku tratě, spodku tratě, mostů a opěrných zdí uvedeny konkrétní minimální hodnoty statického modulu přetvoření jednotlivých vrstev pražcového podloží. V příloze normy je tabulka s uvedením hodnot povoleného výškového a bočního opotřebení hlavy a bočního opotřebení příruby jednotlivých typů kolejnic.

Další norma ČSN 73 6412 Geometrické uspořádání koleje tramvajových tratí, konkretizuje hodnoty geometrických parametrů koleje pro nový i provozní stav. Jsou zde uvedeny jednotlivé limitní hodnoty rozchodu a převýšení a parametry směrového a výškového uspořádání koleje.

Prostorovou průchodnost tramvajových tratí řeší ČSN 28 0318 Průjezdne průřezy. Pro parametry umístění překážek a polohu konstrukčních částí tratě vůči koleji i kolejí jsou v normě stanoveny minimální hodnoty. Norma také upřesňuje vliv rozšíření v obloucích na tyto hodnoty.

Mimo tyto uvedené technické normy, které jsou vyjmenované v příloze č. 5 vyhlášky č.177/1995 Sb. a vztahují se výhradně ke stavbám tramvajových drah, jsou některé další technické a konstrukční požadavky na tramvajové tratě specifikovány v dalších navazujících normách. Z nich uvedu zejména ČSN 73 6425 Autobusové, trolejbusové a tramvajové zastávky, ve které jsou stanoveny parametry tramvajových nástupišť, ČSN 73 6110 Projektování místních komunikací, upravující podmínky umístění tramvajových tratí v komunikaci, ČSN 73 6005 Prostorové uspořádání sítí technického vybavení, která řeší polohu umístění inženýrských sítí vůči tramvajové trati, nebo řadu norem ČSN 73 62xx, která specifikuje mostní stavby. Mezi navazující normy můžeme zařadit ještě také ČSN 73 6380 Železniční přejezdy a přechody, jejíž aplikace v podmínkách tramvajových tratí přináší, vzhledem k tomu, že tvůrci normy tyto podmínky ve znění příliš nezohlednili, v reálu obtíže. Zčásti tyto obtíže plynou již ze znění norem, uvedených v úvodu kapitoly a určených

výhradně pro tramvajové tratě. Vzhledem k tomu, že tyto normy vykazují nedostatky, a vzhledem k připravované standardizaci evropských norem v oblasti městských drah, se dá předpokládat jejich novelizace, stejně jako je tomu v současné době v případě zákona o dráhách.

1.4.3 Předpisy provozovatele

Na dosud uvedenou právní a technickou legislativu, která stanovuje a upravuje podmínky staveb TT, by měly navazovat vnitřní předpisy provozovatele, které doplňují a přesně specifikují uspořádání a parametry jednotlivých konstrukčních částí tratě, stanovují podmínky pro konstrukci tratě u novostavby, rekonstrukce i v provozu, a také stanovují podmínky provozu na trati. U drah železničních je soubor těchto předpisů rozčleněn do souborů dopravních předpisů, označených písmenem „D” a stavebních předpisů, označených písmenem „S”.

U drah tramvajových jsou však jednotlivými provozovateli zpracovány jen základní dopravní předpisy, které jsou bezpodmínečně nutné k získání Úředního povolení k provozování dráhy. Se stavebními předpisy provozovatele se v podmínkách tramvajových provozů v České republice nesetkáme. Absence stavebních předpisů by pak měla být nahrazena alespoň dostatečně detailním zpracováním dokumentace, postaveném na subjektivních zkušenostech, nebo opřeném o vybrané železniční předpisy, což však nezaručuje jednotný standard kvality a v případě opory v železničních předpisech není postaveno ani na právním základě.

Absence stavebních předpisů pro tramvajové dráhy je v porovnání se železničními dráhami celkem pochopitelná, neboť technický aparát provozovatelů tramvajových tratí v jednotlivých městech je nesrovnatelně menší, než na celostátní železnici. Přesto by si tato oblast, vzhledem k počtu přepravených osob, vyžadovala daleko větší pozornosti. Z uvedených důvodů jsem v r. 2004 alespoň shrnul elementární parametry a podmínky konstrukce novostavby a rekonstrukce tramvajové tratě v interní směrnici DPO „Technické podmínky dodací pro tramvajové tratě” (viz.příloha č.1). Věřím, že v následujících letech

přistoupím k aktualizaci a dalšímu rozšíření směrnice, aby mohla plnit zde popsany účel. Tato diplomová práce by se pak mohla stát základem pro zpracování interního předpisu, který by stanovoval i parametry a podmínky pro konstrukci tratě v provozu.

2 Zásady stavby tratí

2.1 Parametry tratí

Prvním a základním předpokladem pro dosažení požadovaných parametrů tramvajových tratí, který náleží do fáze zahájení provozu, je dostatečná kvalita projektové dokumentace. Ta je určující zejména pro správnost řešení geometrické polohy koleje a konstrukčního a prostorového uspořádání staveb dráhy. Dalším krokem je sledování a prověřování projektovaných i závazných parametrů tratí v průběhu výstavby. U novostaveb a rekonstrukcí je toto prověření doloženo při závěrečné kontrolní prohlídce stavby, prováděné DÚ, která je podmínkou pro úspěšné zahájení provozu. K závěrečné kontrolní prohlídce je stavebník povinen doložit:

- Dokumentaci skutečného provedení stavby, ve které jsou zaznamenány odchylky od Dokumentace pro stavební povolení
- kvalitu použitých stavebních materiálů doložením prohlášení o shodě, případně i certifikátem jakosti, kde jsou uvedeny skutečné parametry konkrétního materiálu (např. u kolejnic, výhybek, pražců)
- u UTZ (kterými jsou elektrická, tlaková, zdvihací zařízení) platný Průkaz způsobilosti, vydaný DÚ na základě kladného výsledku revize, provedené oprávněnou osobou
- Technickobezpečnostní zkoušku stavby dráhy, jejíž součástí je zejména výsledek zkušební jízdy a měření geometrických parametrů koleje a prostorové průchodnosti tratě
- doklady o provedených zkouškách, například zkoušky únosnosti podkladních vrstev, zkoušky světelné intenzity u nástupišť, nebo první hlavní prohlídka u mostů
- doklad o likvidaci odpadů, vzniklých při stavbě

- geometrické zaměření stavby na podkladě katastrální mapy pro ověření souladu umístění stavby s projektovou dokumentací
- předávací protokol, kterým provozovatel trati stavbu od zhotovitele přebírá

Doložením těchto podkladů by měla být zajištěna první - vstupní, kontrola parametrů tramvajové trati.

I v další fázi, kterou je provozování stavby, je pro splnění požadavku na provozuschopnost dráhy, nutné některé parametry nadále sledovat. Do těchto parametrů se však zohledňuje vliv zatížení a opotřebení konstrukce. To je zohledněno například nastavením širších limitů pro geometrické parametry koleje (rozchod a převýšení), nebo pro polohu krytu tratě vůči niveletě kolejnicového pásu. U prostorové průchodnosti se naopak parametry nového a provozního stavu neliší.

2.2 Materiálová charakteristika

Druhým předpokladem pro nastavení standardu kvality TT je mimo dodržení požadovaných parametrů tratí použití odpovídajících materiálů. Vlastnosti a vhodnost použití základních stavebních materiálů používaných při stavbě tratí, jako je beton, kamenivo, kolejnice, pražce, nebo upevnění se dokládají posouzením shody dle Nařízení vlády č.163/2002 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na vybrané stavební výrobky. V tomto procesu se však jedná pouze o posouzení výrobku, zda splňuje normové požadavky, které se na něj vztahují, případně se posuzuje systém řízení výroby daného materiálu.

V podmínkách stavby a provozu TT opět chybí stavební předpis, který by se obdobně, jako u železničních drah, zabýval celými konstrukčními sestavami z materiálů a podmínkami jejich použití.

3 Specifikace závad

3.1 Prohlídky tratí a zjišťování závad

Plnění požadovaných parametrů trati by následně mělo být sledováno v provozním stavu. Pro doložení parametrů trati, dokládajících provozuschopnost tramvajové dráhy jsou vyhláškou č.177/1995 Sb. předepsány prohlídky, jejichž dokumentaci by měl v předepsané formě provozovatel ukládat 5 let. Druh a rozsah prohlídek požadovaných vyhláškou je v následující tabulce:

Prohlídky a měření na dráze tramvajové			
Pol.	Předmět a způsob prohlídky	Objekt prohlídky	Časový interval
1.	Obchůzka trati	všechny dopravní koleje	2 týdny
2.	Prohlídka výhybek	výhybky v dopravních kolejích	každý den
3.	Měření geometrické polohy koleje	koleje a výhybky	12 měsíců
4.	Prohlídky mostů a objektů mostům podobných	všechny	36 měsíců
5.	Prohlídka trakčního vedení	všechny	12 měsíců
6.	Prohlídka sdělovacích a zabezpečovacích zařízení	zařízení určená k organizaci a řízení drážní dopravy, řízení technologických procesů a informování cestujících	určí provozovatel

Tab. 1 – Prohlídky a měření na dráze tramvajové [3]

Na základě uvedených prohlídek by měly být specifikovány závady, které je však možné přesně, nebo parametricky specifikovat dle legislativy, uvedené v odstavci 1. 4. pouze v těchto případech:

- odchylky rozchodu koleje v přímé nesmí překročit +10 mm -3 mm
- odchylky rozchodu koleje v oblouku $R < 500$ m nesmí překročit +15 mm - 0 mm
- odchylky rozchodu koleje v oblouku $R < 500$ m, kde je odchylka způsobená bočním ojetím kolejnic, nesmí překročit +35 mm - 0 mm

- stavební odchylka od vzájemné výškové polohy kolejnicových pásů nesmí překročit $\pm 10\text{mm}$
- překážky v prostorové průchodnosti
- limity ojetí kolejnic žlábkových bočního i výškového - 20 mm
- limity ojetí kolejnic širokopatných - bočního 18 mm a výškového 14 mm
- výšková tolerance krytu k úrovni temene kolejnice může být nejvýše $\pm 30\text{ mm}$
- výškové ojetí jazyka max. 8 mm
- nedolehnutí jazyka k opornici nesmí překročit 3 mm
- jazyk, opornice, nebo srdcovka výhybky nesmí vykazovat lom

Vliv všech ostatních závad, jako například kolejnic, upevnění, krytu, nebo stavěcího mechanismu výhybky, je charakterizován pouze obecným vlivem na bezpečnost. Tato skutečnost vnáší do charakteristiky jednotlivých závad velkou míru subjektivity. Výjimkou jsou pouze mosty, pro něž technická legislativa, která se na ně váže, poskytuje dostatek podkladů pro charakteristiku a vliv jejich závad.

V reálném stavu jsou závady na TT zjišťovány několika způsoby. V rámci předepsaných prohlídek, které obvykle provádí osoby bez zvláštních nároků na kvalifikaci - pochůzkáři, nebo mazači výměn, je splňován zákonný požadavek na kontroly tratí a výhybek. Tyto osoby provádí zápis o provedené kontrole s uvedením popisu případných závad, o jejichž odstranění pak rozhoduje jejich nadřízený - příslušný traťový mistr. Měření geometrické polohy koleje se realizuje zaměřením geometrických parametrů koleje mechanicky (ruční rozchodoměrkou), nebo elektromechanicky (pojízdnou rozchodoměrkou). Prostorová průchodnost se obvykle systémově nezjišťuje. Zde nejčastěji, stejně jako v případě jiných zjištěných zjevných poruch na dopravní cestě, dochází k nahlášení jednotlivých závad správci tratě od uživatelů dopravní cesty (řidičů, dispečerů). O odstranění opět obvykle rozhodne příslušný traťový mistr. Pro vnitřní kontrolu provozovatele trati jsou ještě dále prováděny prohlídky tratí revizním oddělením, které je nezávislé na oddělení správce tratě a které zjištěné závady předkládá vedoucímu oddělení správce tratě.

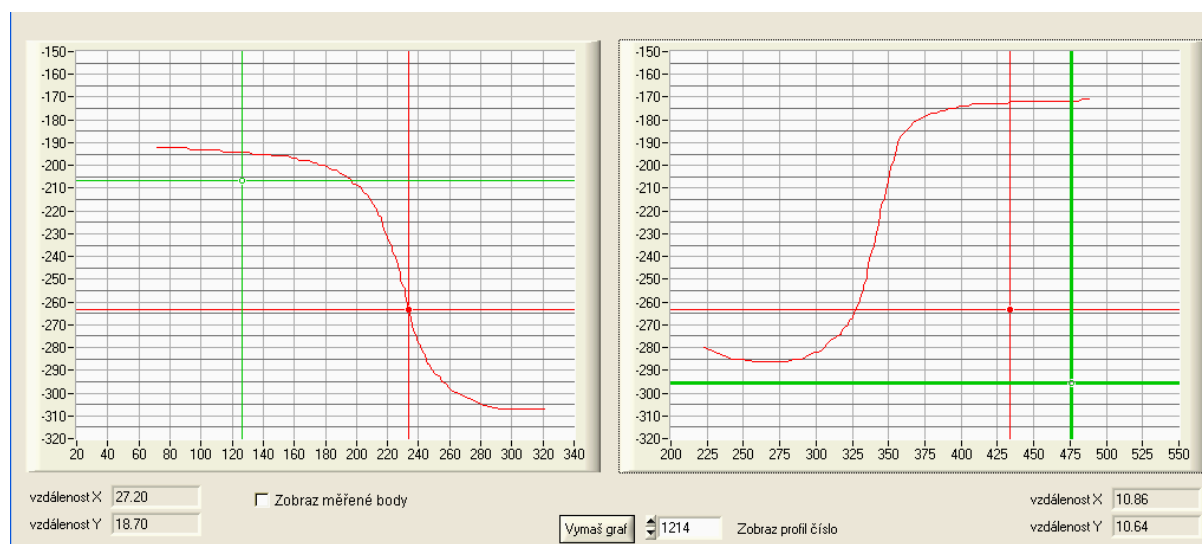
Na základě skutečností, popsanych v předchozích kapitolách je možné konstatovat, že systém charakteristiky a vyhodnocování závad na tramvajových tratích je v současném stavu

nesystémový a směřuje zejména ke splnění zákonných povinností cestou odstraňování jednotlivostí. Systematičnost by přitom mohla vést ke splnění následujících cílů, které mohou pozitivně ovlivnit efektivitu provozu dopravní cesty:

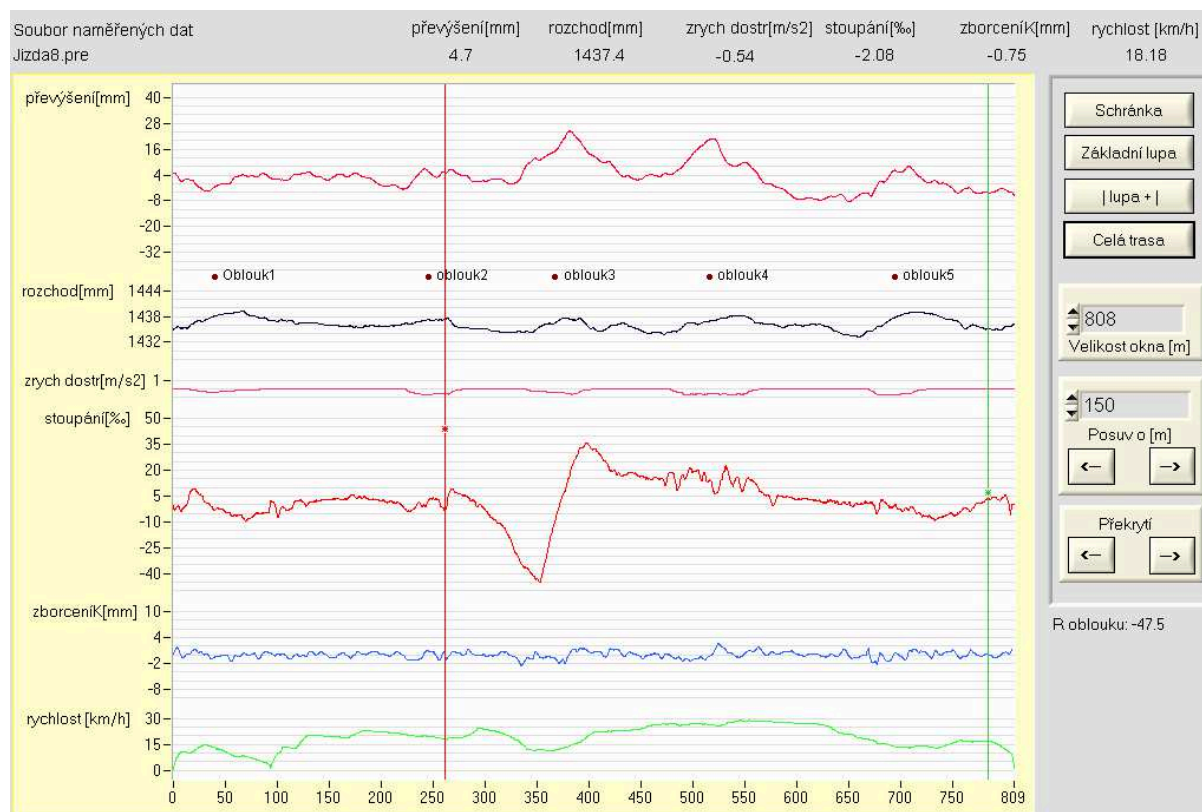
- řízení průběhu degradační křivky stavby tramvajové dráhy
- nastavení optimalizace údržby v čase a v nákladech
- eliminace příčin vzniku závad

K dosažení těchto cílů je však bezpodmínečným předpokladem dostatek srovnatelných a měřitelných dat o závadách. Proto navrhuji v první fázi nejprve zpracovat metodiku pro jednotnou charakteristiku, která bude zdrojem pro vyhodnocování závad.

Pro sběr dat postačí využití dnes dostupných prostředků. Prvním z nich je využití dostupného potenciálu lidských zdrojů, účastníciho se dnes procesu zjišťování a odstraňování závad, který by při nastavení jednotného systému klasifikace závad byl schopen zajistit dostatek relevantních informací o stavu trati i jejich jednotlivých konstrukčních prvcích. Dalšími jsou pak technické prostředky, z nichž mimo běžných informačních technologií, stojí za zmínku nová technologie měřícího vozíku geometrických parametrů koleje, vyvinutá ve spolupráci DPO s externím zhotovitelem. Tato technologie umožňuje bezkontaktní měření rozchodu prostřednictvím vložení neskenovaných profilů kolejnicových pásů do rastrů, ze kterých lze vzájemnou polohu bodů obou kolejnic vyhodnotit. Vzájemnou výškovou polohu pásů měřící zařízení vyhodnocuje ze soustavy gyroskopů, které dokážou navzájem vyrovnávat svou polohu a tak neustále stabilizují potřebnou rovinu. Data měřícího vozíku jsou vyhodnocována v programu, který poskytuje dostatek potřebných informací o geometrických parametrech koleje. Mimo rozchodu a převýšení lze vyhodnotit zborcení koleje, skutečný profil pojezděné části kolejnice, nebo přibližné hodnoty poloměrů směrových oblouků i sklonu trati.



Obr. 3 – Zaměřené profily kolejnic z měřícího vozíku [1]



Obr. 4 – Vyhodnocení naměřených dat měřícího vozíku [1]

4 Návrh charakteristiky závad

Jako první krok k nastavení systému jednotné charakteristiky závad je nutné zpracovat metodiku zařazování závad a jejich kategorizaci. To umožní shromažďovat data o stavu tramvajových tratí, která budou porovnatelná na základě transparentních měřítek.

Pro stanovení kategorie závady, která by určovala její závažnost, jsem stanovil několik základních složek zařazení závady:

spolehlivost prvku + opatření + rozsah → kategorie závady

K těmto složkám je potřeba ještě přidat další - lokalizovat prvek v konstrukci, kterého se závada týká, což sice nemá vliv na zařazení závady do kategorie, ale tato skutečnost je pro ucelenou informaci o závadě podstatná. Pro přehlednost a možnost snadnějšího zpracování dat o závadách navrhuji každému zařazení přiřadit číselné označení, které by složením jednotlivých čísel udávalo kódové označení závady. Prvním trojčíslicím jsou tedy uvedeny tři základní zařazení, mající přímou vazbu na závažnost závady a tedy i zařazení do kategorie. Každá z těchto zařazení má stupeň 1 až 4, přičemž řazení je nastaveno, stejně jako u kategorií, od nejzávažnějšího stupně k méně závažným. Nižší číslice prvního trojčíslí by tedy měly odpovídat závažnější kategorii závady. Za trojčíslicím je pomlčkou odděleno další dvojčíslí, které přiřazuje závadu ke konstrukčnímu prvku.

4.1 Zařazení závad dle porušení mezního stavu prvku

První základní složkou charakteristiky závady je porušení jednoho z mezních stavů konstrukčního prvku:

ÚNOSNOST	POUŽITELNOST	OZNAČENÍ
porušení – překročení únosnosti prvku	nehodnotí se	1xx-xx
porušení – bez překročení únosnosti prvku	nehodnotí se	2xx-xx
bez porušení	opotřebení neúměrné zatížení	3xx-xx
bez porušení	opotřebení úměrné zatížení	4xx-xx

Tab. 2 – Zatřídění závad dle porušení mezního stavu

Prakticky lze třídění této složky charakteristiky demonstrovat na závadách kolejnice:

- lom kolejnice, který probíhá přes hlavu kolejnice, stojinu i patu, zcela překročil únosnost kolejnice v daném průřezu → závadě by byla v této charakteristice přiřazena 1
- trhlina - lom kolejnice, který se projevil pouze v hlavě, stojina a pata kolejnice jsou bez porušení → závadě by byla v této charakteristice přiřazena 2
- odlupování návaru kolejnice → závadě by byla v této charakteristice přiřazena 3
- boční ojetí hlavy kolejnice → závadě by byla v této charakteristice přiřazena 4



Obr. 5 – Lom kolejnice [1]

U závad, které lze stanovit parametricky (např. uvedené limity pro rozchod, nebo ojetí), lze srovnat překročení stanoveného limitu s překročením únosnosti.

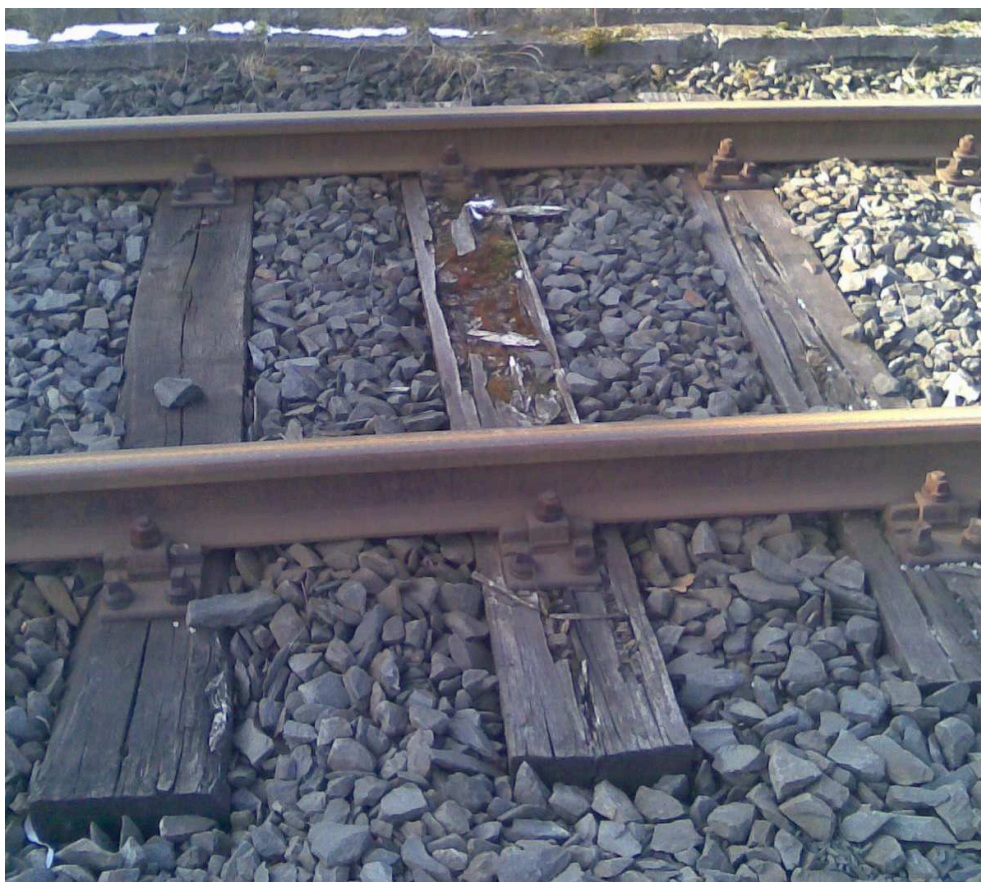
4.2 Zatřídění závad dle opatření

Další složkou charakteristiky závady je opatření, které bylo po zjištění závady zavedeno:

PROVOZNÍ	KONTROLNÍ	OZNAČENÍ
přerušení provozu	rozhodnutí o opětném zahájení provozu	x1x-xx
omezení provozu	dohled intenzivnější zákonných lhůt	x2x-xx
omezení provozu	dohled v zákonných lhůtách	x3x-xx
bez omezení provozu	dohled v zákonných lhůtách	x4x-xx

Tab. 3 – Zatřídění závad dle opatření

U této složky charakteristiky jsou pod číslem 1 zatříděny nejzávažnější závady, které mohou být příčinou vykoľejen, nebo znemožňují průjezdnost tratě. Těmito můžou být například lomy jazyků výhybek, nebo překážka na trati způsobená pádem stromu. Pod číselným označením 2 jsou charakterizovány závady, u kterých bylo rozhodnuto o snížení rychlosti v daném úseku, s obvykle každodenní kontrolou závady. Příkladem může být lom kolejnice, který není možno ihned odstranit, ať už z důvodu povětrnostních podmínek, nebo z důvodu nepřístupnosti místa. Číslem 3 jsou označeny závady, u kterých bylo opět rozhodnuto o snížení rychlosti, bez nutnosti každodenního dohledu. Tímto číslem mohou být označeny například směrové deformace koleje. Poslední číselné označení 4 charakterizuje závady, které nevyžadují zvláštní opatření, například závady na pražcích.



Obr. 6 – Hniloba dřevěného pražce [1]

4.3 Zatřídění závad dle rozsahu

Třetí složka charakteristiky určuje rozsah a předpokládanou progresi závady:

PROGRESE ZÁVADY	ROZSAH ZÁVADY	OZNAČENÍ
rychlý postup	souvislá závada (> 30 % jednotek)	xx1-xx
rychlý postup	jednotlivá závada (< 30 % jednotek)	xx2-xx
pomalý postup	souvislá závada (> 30 % jednotek)	xx3-xx
pomalý postup	jednotlivá závada (< 30 % jednotek)	xx4-xx

Tab. 4 – Zatřídění závad dle rozsahu

Progresi závady není nutno příliš komentovat – zde uvádíme odhad, jak rychle bude závada dále postupovat. U rozsahu závady stanovujeme četnost závady v daném úseku. Pro příklad uvedu závadu na upevnění, která se může projevit pouze v jednom uzlu upevnění, nebo se opakuje cca na každém n-tém pražci.



Obr. 7 – Vada upevnění kolejnic [1]

4.4 Zatřídění závad dle lokalizace v konstrukci

Za prvním trojčíslím, charakterizujícím závadu je za pomlčkou uvedeno další dvojčíslí, které závadu popisuje a přiřazuje závadu konkrétnímu prvku:

KONSTRUKCE TRATI	KONSTRUKČNÍ ČÁST	OZNAČENÍ
svršek tratě	kolejnice - ojetí hlavy boční	xxx-01
	kolejnice - ojetí hlavy výškové	xxx-02
	kolejnice - ojetí příruby	xxx-03
	kolejnice - vlnkovitost	xxx-04
	kolejnice - lom	xxx-05
	kolejnice - koroze	xxx-06
	kolejnice - odlupování hrany	xxx-07
	kolejnice - roztlačení hlavy	xxx-08
	kolejnice - vodivé propojení	xxx-09
	kolejnice - znečištění žlábků	xxx-10
	odvodnění - znečištění odvod.skříní	xxx-11
	upevnění - uvolnění drážebnosti	xxx-12
	upevnění - koroze	xxx-13
	upevnění - lom části	xxx-14
	upevnění - absence	xxx-15
	pražec betonový - trhлина	xxx-16
	pražec betonový - lom	xxx-17
	pražec betonový - povrch	xxx-18
	pražec betonový - hmoždinka, kotva	xxx-19
	pražec dřevěný - prasklina	xxx-20
	pražec dřevěný - hniloba	xxx-21
	pražec dřevěný - vrtání	xxx-22

KONSTRUKCE TRATI	KONSTRUKČNÍ ČÁST	OZNAČENÍ
	pražec dřevěný - protlačení	xxx-23
	šterkové lože - nedostatek profilu	xxx-24
	šterkové lože - rozpad, nebo znečištění kameniva	xxx-25
	šterkové lože - znečištění organickými složkami (plevel)	xxx-26
	kryt tratě - výtluky, praskliny	xxx-27
výhybky a křižovatky	stavěcí skříň - seřízení	xxx-30
	stavěcí skříň - lom části	xxx-31
	stavěcí skříň - uvolnění části	xxx-32
	stavěcí skříň - opotřebení části	xxx-33
	ojetí jazyka	xxx-34
	lom jazyka	xxx-35
	upevnění, nebo opora jazyka	xxx-36
	krytí hrotu jazyka	xxx-36
	ojetí srdcovky	xxx-37
	lom srdcovky	xxx-38
	ojetí přídržnice	xxx-39
	roztlačení hlavy opornice	xxx-40
	ojetí opornice	xxx-41
	lom kolejnice	xxx-42
	vada lože, nebo stoličky	xxx-43
spodek tratě	odvodňovací šachtice	xxx-50
	odvodňovací potrubí	xxx-51
	deformace, únosnost spodku	xxx-52
	zbahnění spodku	xxx-53
mosty a propustky	spodní stavba - konstrukce	xxx-60
	spodní stavba - povrch	xxx-61
	nosná konstrukce - konstrukce	xxx-62

KONSTRUKCE TRATI	KONSTRUKČNÍ ČÁST	OZNAČENÍ
	nosná konstrukce - povrch	xxx-63
	ložiska	xxx-64
	mostní svršek - zábradlí a lávky	xxx-65
	mostní svršek - kolej	xxx-66
	odvodnění	xxx-67
	opevnění břehu	xxx-68
nástupiště	povrch - výtluky, praskliny	xxx-70
	nástupní hrana - zborcení	xxx-71
	označnick - upevnění	xxx-72
	zábradlí - koroze	xxx-73
	přístřešek - koroze	xxx-74
	přístřešek - vady konstrukce	xxx-75
prostorová průchodnost	spodní část průřezu	xxx-80
	osová vzdálenost	xxx-81
	boční odstup překážek	xxx-82
	komunikace	xxx-83
	nálety a dřeviny	xxx-84
geometrické parametry a poloha koleje	rozchod - nadlimitní hodnoty	xxx-90
	převýšení - nadlimitní hodnoty	xxx-91
	stabilita koleje - směrová	xxx-92
	stabilita koleje - výšková	xxx-93
	porucha výškových parametrů koleje (deformace nivelety, zborcení)	xxx-94
	porucha směrových parametrů koleje (vybočení, deformace oblouku...)	xxx-95
jiné vlivy	vandalismus	xxx-100
	nehody	xxx-101
	nepojmenované	xxx-102

Tab. 5 – Zatřídění závad dle lokalizace v konstrukci

Zde jsem na základě vlastních zkušeností shrnul a pojmenoval všechny závady, které se obvykle na konstrukci TT vyskytují. První číslo dvojčíslí vždy koresponduje s dotčenou konstrukční částí TT, druhé charakterizuje konkrétní prvek. Trojčíslím jsou označeny zvláštní druhy závad, způsobené cizím zásahem, které jsou sledovány samostatně.

4.5 Kategorizace závad

Po zatřídění jednotlivých složek charakteristiky konkrétní závady by měla být každá závada přiřazena do odpovídající kategorie, která je určující pro proces odstranění závady:

KATEGORIE VADY	ZPŮSOB ODSTRANĚNÍ	TERMÍN ODSTRANĚNÍ
A	bezodkladné odstranění výměnou součásti, nebo opravou místa	neprodleně
B	odstranění výměnou, nebo opravou v krátké lhůtě	stanoven do 1 týdne
C	odstranění opravou, nebo výměnou v rámci udržovacích prací	stanoven do 1 měsíce
D	odstranění opravou, nebo výměnou v rámci souvislé údržby	stanoven do 2 let
E	zvýšené pozorování	nestanoven
F	bez opatření	nestanoven

Tab. 6 – Kategorizace závad

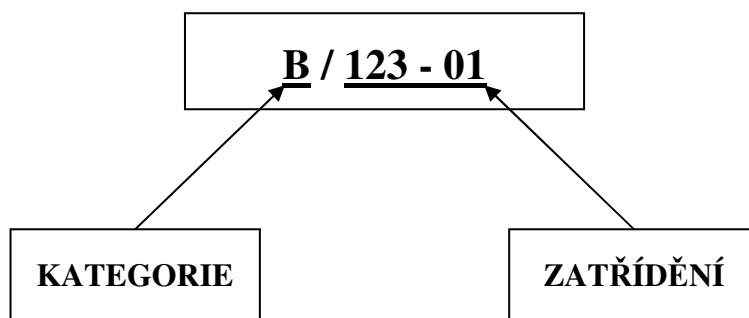
Jak jsem již uvedl, pro zařazení do odpovídající kategorie je určující první trojčíslí charakteristiky závady. Jako příklad pro kategorizaci konkrétní závady můžu uvést boční ojetí kolejnice, které překračuje stanovenou mez (v tomto případě 18mm):



Obr. 8 – Boční ojetí kolejnice S49 [1]

U uvedené závady, kde byla překročena únosnost (stanovený limit), bude snížena rychlost jízdy tramvají a prováděn častější dohled, a přesto, že se jedná o jednotlivou závadu, vzhledem ke stabilitě se dá předpokládat její rychlý postup.

Podle navrženého zařazení by byla tato závada označena číslem: 123-01. Může-li se součet trojčíslí pohybovat od 3 do 12, pak by závada, u níž součet prvních tří zařazení činí 6, měla být zařazena do kategorie B. Závěrečné označení, které charakterizuje konkrétně uvedenou závadu bočního ojetí kolejnice, by tedy bylo:



Uvedené označení je výsledným produktem mnou navržené jednotné charakteristiky závad.

5 Pasportizace závad

Aby navržená číselná charakteristika a kategorizace závad mohla vést k cílům, stanoveným v b. 3. 1., musí v dalším kroku dojít k postupnému shromažďování dat o závadách a jejich pasportizaci, která by mohla být podkladem pro následné vyhodnocování závad. Pro stanovené cíle je důležité přiřazování závad k jednotlivým úsekům trati, které je v podmínkách tramvajových tratí nejvhodnější vztáhnout k napájecím úsekům. Tyto jednotky jsou lehce identifikovatelné v terénu, neboť čísla jednotlivých napájecích úseků jsou obsažena v číselném označení každého trakčního stožáru, přičemž ty jsou na rozmístěny na trati v cca 25m rozestupech. V podmínkách DPO je navíc k napájecím úsekům, jako k základnímu umístění, vztažena evidence nákladů. Jedinou nevýhodou je, že homogenní stavebně-technický stav úseků zcela nekoresponduje s napájecími úseky, neboť novostavby, rekonstrukce a souvislé opravy s nimi nemají totožné hranice.

6 Vyhodnocování závad

Po získání dostatečného množství dat charakteristiky závad bude možné přistoupit k další fázi projektu, kterou bude vyhodnocování závad na základě analýzy dat. U této je s výhodou možné využít vybraných aplikací metody SEBRA vyvinuté na Fakultě stavební VŠB-TU. Pro příklad si vyberu analýzu závad v geometrických parametrech koleje, konkrétně v rozchodu koleje. Z důvodu již dříve uvedených (nedostatečný rozsah technické legislativy pro tramvajové tratě) analýzu zatím aplikuji na železniční tratě.

6.1 Příklad výpočtu pravděpodobnosti výskytu závady

Požadavky na infrastrukturu kolejové dráhy a její prvky jsou obecně vyjádřeny jako jakostní parametry. Kromě požadavků na funkční vlastnosti musí mít infrastruktura kolejové dráhy a její prvky schopnost vykonávat své funkce za daných provozních podmínek po stanovenou dobu. Vzniká tak požadavek na jejich spolehlivost. Zákonitost každého fyzikálního procesu je funkcí komplexu podmínek, při kterých pokus probíhá. Ve spolehlivosti budeme pod tímto pojmem rozumět provedení technického experimentu, jehož výsledek označíme jako jev (vznik závady, ukončení opravy apod.).

Histogram četností je často používaný prostředek pro zobrazení průběhu náhodné veličiny, v tomto případě se jedná o provozní a mezní odchylky naměřených veličin – rozchodu, od hodnot platných standardů stanovených ČSN. Je to sloupcový graf, pro který je charakteristické:

- sloupce v histogramu jsou vždy vertikální, jejich výška odpovídá četnosti.
- stupnice na vodorovné ose grafu je vždy ve stejných jednotkách
- šířka každého sloupce je úměrná šířce třídy posuzované veličiny

Celé toleranční pole hodnot grafu je rozděleno na 25 stejných intervalů – tříd, o šířce: 1,25 mm pro odchylky rozchodu koleje, abychom pokryli celý rozsah zjištěných hodnot. Do každé třídy přiřadíme počet měření, které padly do tohoto intervalu. Výsledek je znázorněn tabulkou hodnot a histogramem četností, uvedených dále – viz Tab. 8 a Obr. 8. Tyto uvedené histogramy mají neparametrické rozdělení veličin. Vypočtené četnosti jsou následně vstupními údaji pro výpočet pravděpodobnosti a sestavení histogramu spolehlivosti odchylek od stanoveného rozchodu

Relativní a kumulativní relativní četnost byla stanovena dle těchto vztahů:

$$X_i = \frac{r_i}{N}, \quad i = 1, 2 \dots n \quad [7] \quad (6.1)$$

$$C_i = \sum_{i=1}^n X_i, \quad i = 1, 2 \dots n \quad [7] \quad (6.2)$$

kde:

r_i = je absolutní četnost poruch náležející do i – té třídy,

N = celkový počet poruch

i = pořadové číslo třídy

n = celkový počet tříd

Pravděpodobnost výskytu jevu $P(A)$ je definována:

$$P(A) = \frac{n}{m} \quad [7] \quad (6.3)$$

kde:

n = je počet pokusů, kdy jev nastal

m = celkový počet provedených pokusů

Funkci spolehlivosti lze následně vyjádřit:

$$SF = (R - S) \quad [7] \quad (6.4)$$

kde:

SF = funkce spolehlivosti (safety function)

R = odolnost konstrukce (Resistance)

S = účinek zatížení (load effect combination)

Č.	Odchylky (mm)
1	-14
2	-3
3	0
4	0
5	-1
6	-3
7	-23
8	-28
9	-24
10	-25
11	-26
12	-26
13	-24
14	-23
15	-22
16	-22

Č.	Odchylky (mm)
17	-20
18	-22
19	-22
20	-23
21	-29
22	-35
23	-2
24	0
25	-2
26	-1
27	-10
28	-7
29	-10
30	-14
31	-17
32	-20

Č.	Odchylky (mm)
33	-21
34	-20
35	-16
36	-8
37	-11
38	-13
39	-13
40	-4
41	-3
42	0
43	-35
44	-31
45	-27
46	-25

Tab. 7 – Tabulka naměřených dat rozchodu

Stanovení četnosti výskytu odchylek rozchodu:

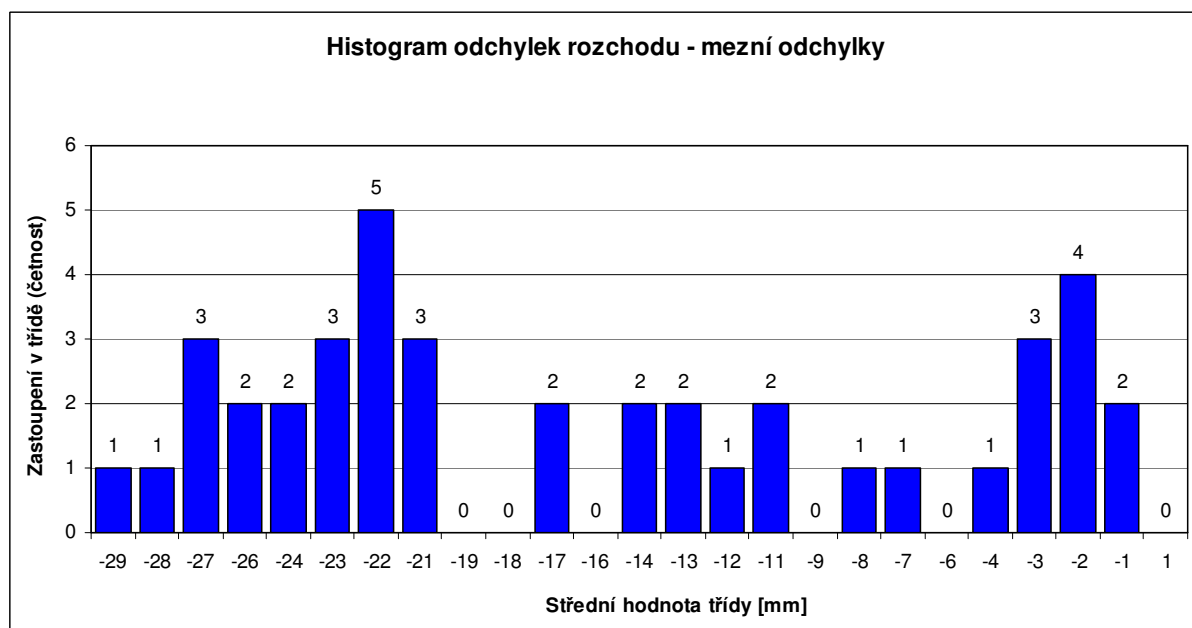
Střední hodnota třídy	Zastoupení	Pravděpodobnost
-29	1	0,02439
-28	1	0,02439
-27	3	0,073171
-26	2	0,04878
-24	2	0,04878
-23	3	0,073171
-22	5	0,121951
-21	3	0,073171
-19	0	0
-18	0	0
-17	2	0,04878
-16	0	0
-14	2	0,04878

Číslo třídy	Střední hodnota třídy	Zastoupení	Pravděpodobnost
14	-13	2	0,04878
15	-12	1	0,02439
16	-11	2	0,04878
17	-9	0	0
18	-8	1	0,02439
19	-7	1	0,02439
20	-6	0	0
21	-4	1	0,02439
22	-3	3	0,073171
23	-2	4	0,097561
24	-1	2	0,04878
25	1	0	0
		41	1

Tab.8 Tabulka hodnot pro sestavení histogramu

Zvolené meze histogramu :	
Min [mm] :	-30
Max [mm] :	1
Šířka třídy [mm] :	1,25
Počet intervalů :	24,8

Tab. 9 – Zvolené meze histogramu



Obr.9 Histogram četností

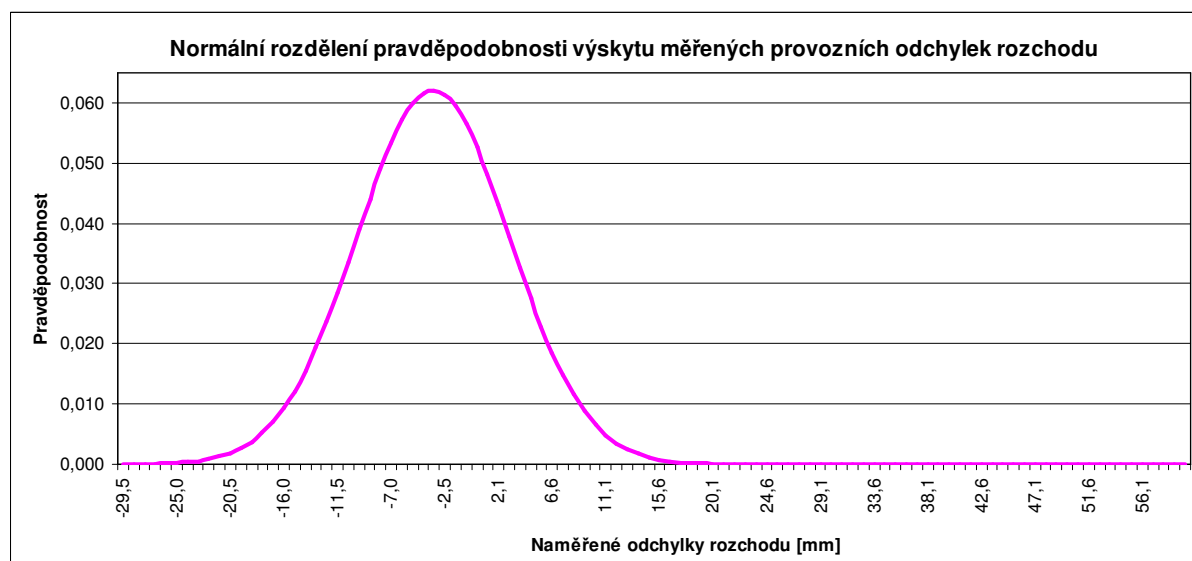
Následně můžeme stanovit pravděpodobnosti výskytu odchylek rozchodu:

Naměřená data f_y [Δmm]	$(f_y - \mu)^2$
-13	91,49
-14	111,62
-13	91,49
-11	57,23
-12	73,36
-14	111,62
-12	73,36
-10	43,1
-6	6,58
-4	0,32
-2	2,06
-4	0,32
-3	0,19
-3	0,19

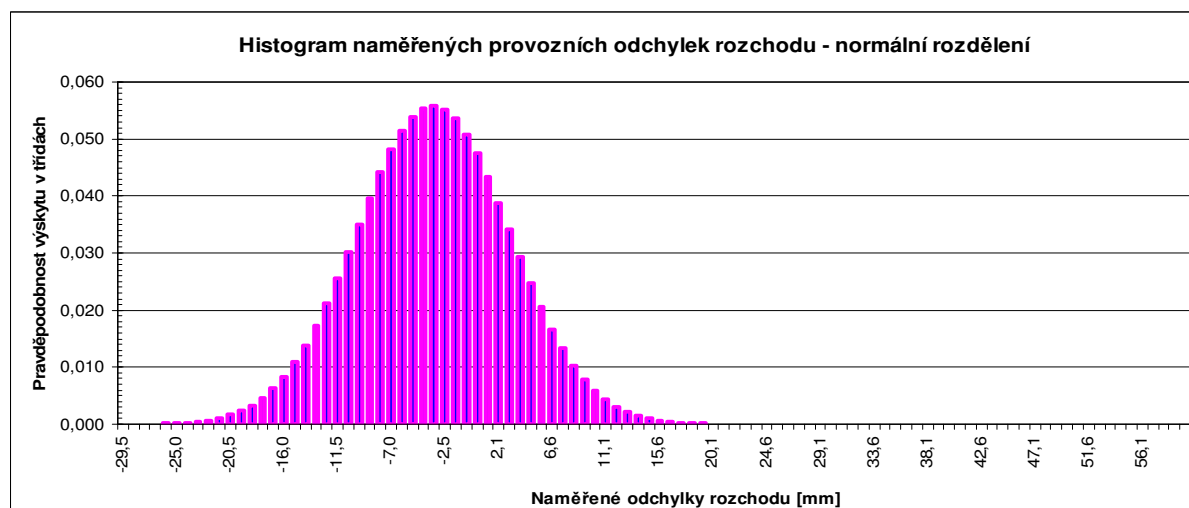
Naměřená data f_y [Δmm]	$(f_y - \mu)^2$
-2	2,06
-3	0,19
-6	6,58
-5	2,45
-4	0,32
-4	0,32
-3	0,19
2	29,54
5	71,15
3	41,41
4	55,28
2	29,54
0	11,8
0	11,8

Naměřená data f_y [Δmm]	$(f_y - \mu)^2$
3	41,41
9	154,62
10	180,49
11	208,36
8	130,75
4	55,28
-2	2,06
-8	20,84
-12	73,36
-11	57,23
-8	20,84
-4	0,32
-2	2,06
-2	2,06
-4	0,32
-6	6,58
-7	12,71
-5	2,45

Tab.10 Tabulka hodnot pro sestavení normálního rozdělení pravděpodobnosti výskytu měřených provozních odchylek rozchodu



Obr.10 Graf normálního rozdělení pravděpodobnosti výskytu měřených provozních odchylek rozchodu



Obr.11 Histogram normálního rozdělení pravděpodobnosti výskytu měřených provozních odchylek rozchodu

Z uvedeného histogramu naměřených provozních odchylek rozchodu - normální rozdělení (Obr. 11) lze stanovit spolehlivost měřeného úseku z hlediska výskytu odchylek rozchodu. Konkrétně zde lze konstatovat, že 95% naměřených odchylek rozchodu leží v přípustných tolerancích. Periodickým vyhodnocováním lze sledovat průběh degradace rozchodu a snižování spolehlivosti (hranice pro spolehlivost parametru by mohla být součástí navazující práce).

Uvedený příklad vyhodnocení závad pro stanovení kvality geometrických parametrů koleje je jen jeden z možných sekundárních cílů navržené metodiky. Pro primární cíle, které byly uvedeny v b. 3.1. bude důležité vyhodnocení četnosti, závažnosti (kategorie) a druhu (charakteristiky) všech závad na jednotlivé úseky a současně vyhodnocení závad opakujících se na jednotlivých konstrukčních prvcích.

7 Odstraňování a předcházení vzniku závad

Navržené vyhodnocení závad by mělo umožnit optimální nastavení údržby a oprav a současně by mělo usnadnit detekci možných příčin závad v konstrukci tratě. Na jednotlivých stupních údržby a oprav uvedu praktické dopady vyhodnocení závad ve vazbě na nastavené cíle.

7.1 Profylaktická údržba

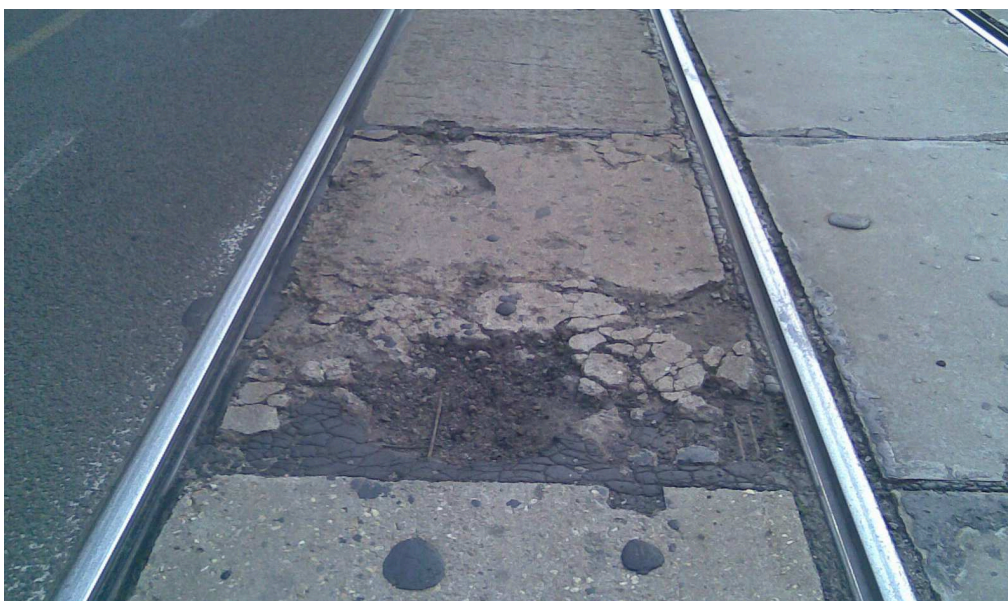
Do tohoto druhu údržby zahrnujeme v podmínkách DPO zejména souvislé propracování tratí strojní podbýječkou, kampaně opravného broušení kolejnic, nebo provádění strojních postřiků tratí proti plevelům. Protože v rámci jedné stavební sezóny je možné z časových i finančních důvodů takto propracovat pouze několik jednotlivých úseků, je nutné tyto úseky předem vytipovat. Dnes se výběr těchto úseků realizuje na základě subjektivního rozhodnutí příslušného pracovníka, nebo skupiny pracovníků. Po správném vyhodnocení dat – konkrétních závad konstrukčních prvků dráhy (poruchy výškových a směrových parametrů koleje, vlnovitost kolejnic, znečištění štěrkového lože organickými složkami) s ohledem na jejich kategorii, by mohly být vybrány jen ty úseky k provedení jmenované profylaktické údržby, které prokazatelně vykazují největší četnost nejzávažnějších závad.



Obr. 12 – Opravné broušení kolejnic [1]

7.2 Odstranění lokálních závad

Tyto opravy se týkají jen jednotlivého místa v konstrukci tratě. Po systémovém vyhodnocení četnosti závad s ohledem na konstrukční prvek by provozovatel dráhy měly být schopny detekovat slabé místa v konstrukci tratí. Na základě toho je možné hledat příčiny závad konstrukčního prvku a navrhnout systémové opatření, které se může týkat několika oblastí. Jednak je možno navrhnout opatření, eliminující příčiny vzniku závady, které mohou být z oblasti technologie stavby, nebo z oblasti použitých materiálů. Dále, vzhledem k možné délce periody, po které se závada může projevit (např. u zádlážbového panelu to může být třeba po deseti letech), která však nekoresponduje s celkovou délkou životnosti trati (u svršku je to cca 20 let), může provozovatel předem vytipovat, kde se závada může projevit a připravit předem takovou technologii opravy, která zajistí srovnatelný limit životnosti dotčeného prvku a zbytku celé konstrukce. U uvedeného zádlážbového panelu se například může rozhodnout, zda je vhodnější provést sanaci povrchu, nebo jej vyměnit za nový.



Obr. 13 – Vada povrchu zádlážbového panelu [1]

7.3 Souvislá oprava

Po ukončení životnosti ucelených konstrukčních částí tratě se přistupuje k jejich výměně. Zde se opět v současném stavu postupuje, stejně jako u profylaktické údržby, při

výběru úseku, určeného k opravě, na základě subjektivního odhadu, podloženého maximálně skutečnou periodou, která proběhla od předešlé opravy. Po vyhodnocení četnosti závad s ohledem na jejich kategorii bude možné rozhodování podložit měřitelnými daty o skutečném technickém stavu úseku a na základě toho daleko efektivněji nakládat s nemalými finančními prostředky, které si souviselé opravy vyžadují.

7.4 Bezodkladná opatření

Zvláštním druhem oprav, které si samostatně zasluhují pozornost, jsou bezodkladná opatření. Tyto jsou prováděny po zjištění závady, zařazených do kategorie A. Protože závady této kategorie mají obvykle vliv na provozuschopnost TT, provozovatel tratě na ně musí adekvátně reagovat. Systémové vyhodnocení závad, které bezodkladné opatření vyžadují, umožní věnovat cílenou pozornost prevenci konkrétních příčin a současně může provozovateli TT poskytnout podklady pro dostatečnou připravenost (vybavení postupy, náhradními díly a potřebnými technickými prostředky) na výskyt srovnatelných situací, na které potom dokáže daleko lépe a efektivněji reagovat.

8 Závěry a doporučení

Po úvodní rešerši o zásadách konstrukce a provozování TT jsem konstatoval absenci systémovosti v oblasti závad na TT, částečně plynoucí z nedostatečnosti technické legislativy. Proto jsem v další části diplomové práce navrhnul metodiku zatřídění a kategorizace závad, jež umožňuje dostatečnou charakteristiku závad na TT, na základě které by bylo možné tyto závady jednotně vyhodnotit. Charakteristika a následné vyhodnocení závad by měly umožnit splnění vytyčených cílů, uvedených v bodě 3.1. V první řadě by mohly být snadněji identifikovatelné opakující se závady na některém z prvků tratě, což by mělo vést k hledání a systémovému odstranění jejich příčin. Dále by bylo možno transparentněji stanovit technický stav úseku trati a tím nastavit optimální dobu a rozsah provedení souvislé údržby, nebo opravy. V návaznosti na závěry mé práce proto dále doporučuji podrobněji rozpracovat metodiku vyhodnocování závad na TT, nejlépe navrhovanou aplikací metody SEBRA. Tuto část však bude možné zpracovat až po realizaci první části – charakteristiky závad, která poskytne dostatečný základ pro jejich systémové vyhodnocení. Návrh vyhodnocení, případně stanovení spolehlivosti by mohl být současně vhodný námět pro další studentské práce. Závěrem je nutné si uvědomit, že stejně jako u obdobných systémů, bude vypovídací hodnota vyhodnocení přímo úměrná kvalitě dat, které budou do systému vloženy.

Poděkování

Rád bych poděkoval zejména vedoucímu mé diplomové práce Ing. Leopoldovi Hudečkovi, Ph. D. z VŠB-TU Ostrava za poskytnutí konzultací a podkladů, souvisejících s tématem mé práce.

9 Seznamy

9.1 Seznam použité literatury a jiných zdrojů

- [1] zdroje autora diplomové práce
- [2] zákon č.266/1994 Sb., o dráhách
- [3] vyhláška č.177/1995 Sb., kterou se vydává stavební a technický řád drah
- [4] ČSN 73 6405 Projektování tramvajových tratí
- [5] ČSN 73 6412 Geometrické uspořádání koleje tramvajových tratí
- [6] ČSN 28 0318 Průjezdové průřezy tramvajových tratí
- [7] Hudeček L.: Vliv zvláštních podmínek na konstrukce dopravních staveb v procesu zkoumání a stanovování spolehlivosti dopravního systému, VŠB TU Ostrava, 2008. ISBN 978-80-248-1799-6
- [8] Hudeček, L., Spolehlivost liniových staveb jako ekonomická kategorie, In seminář Dopravní stavby v území se zvláštními podmínkami realizace (str. 59 - 69), VŠB TU-Ostrava a ČKAIT OK Ostrava, 2007
- [9] ČSN 73 6360-1:2008 Konstrukční a geometrické uspořádání koleje železničních drah a její prostorová poloha - Část 1: Projektování
- [10] ČSN 73 6360-2:2007 Konstrukční a geometrické uspořádání koleje železničních drah a její prostorová poloha - Část 2: Stavba a přejímka, provoz a údržba
- [11] ČSN EN 13848-5:2008 Železniční aplikace - Kolej - Kvalita geometrie koleje – Část 5: Hladiny geometrie koleje
- [12] Předpis provozovatele dráhy SŽDC S3 Železniční svršek
- [13] Směrnice SŽDC č. 51 pro provádění prohlídek a měření výhybek
- [14] Předpis organizace a provádění kontrol Českých drah S2/3
- [15] Předpis provozovatele dráhy SŽDC S67 Vady a lomy kolejnic
- [16] Předpis provozovatele dráhy SŽDC S68 Vady betonových pražců
- [17] ČSN 73 0202 Přesnost geometrických parametrů ve výstavbě. Základní ustanovení
- [18] ČSN 73 0212-4 geometrická přesnost ve výstavbě. Kontrola přesnosti. Část 4: Liniové stavební objekty
- [19] Výťah z přednášek doc. Krejsy: Spolehlivost a bezpečnost staveb

9.2 Seznam tabulek

Tabulka 1 – Prohlídky a měření na dráze tramvajové [3]

Tabulka 2 – Zatřídění závad dle porušení mezního stavu

Tabulka 3 – Zatřídění závad dle opatření

Tabulka 4 – Zatřídění závad dle rozsahu

Tabulka 5 – Zatřídění závad dle lokalizace v konstrukci

Tabulka 6 – Kategorizace závad

Tabulka 7 – Tabulka naměřených dat rozchodu

Tabulka 8 – Tabulka hodnot pro sestavení histogramu

Tabulka 9 – Zvolené meze histogramu

Tabulka 10 – Tabulka hodnot pro sestavení normálního rozdělení pravděpodobnosti výskytu měřených provozních odchylek rozchodu

9.3 Seznam obrázků

Obrázek 1 – Vzorový příčný řez TT s krytem a TT bez krytu [1]

Obrázek 2 – Výměnová část tramvajové výhybky se elektricky ovládanou stavěcí skříní [1]

Obrázek 3 – Zaměřené profily kolejnic z měřicího vozíku [1]

Obrázek 4 – Vyhodnocení naměřených dat měřicího vozíku [1]

Obrázek 5 – Lom kolejnice [1]

Obrázek 6 – Hniloba dřevěného pražce [1]

Obrázek 7 – Vada upevnění kolejnic [1]

Obrázek 8 – Boční ojetí kolejnice S49 [1]

Obrázek 9 – Histogram četností [1]

Obrázek 10 – Graf normálního rozdělení pravděpodobnosti výskytu měřených provozních odchylek rozchodu [1]

Obrázek 11 – Histogram normálního rozdělení pravděpodobnosti výskytu měřených provozních odchylek rozchodu [1]

Obrázek 12 – Opravné broušení kolejnic [1]

Obrázek 13 – Vada povrchu zádlážbového panelu [1]

9.4 Seznam příloh

Příloha č. 1 – Technické podmínky dodací pro tramvajové tratě